

## ⑫公開特許公報(A) 平4-127004

⑬Int.Cl.<sup>5</sup>G 01 B 11/06  
G 01 M 11/00  
G 01 N 21/21

識別記号

府内整理番号

⑭公開 平成4年(1992)4月28日

C 7625-2F  
T 7204-2G  
Z 7529-2J

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全5頁)

⑮発明の名称 エリプソメータ及びその使用方法

⑯特 願 平2-249292

⑰出 願 平2(1990)9月18日

⑱発明者 田所 利康 東京都八王子市石川町2967番地の5 日本分光工業株式会社内

⑲出願人 日本分光工業株式会社 東京都八王子市石川町2967番地の5

⑳代理人 弁理士 松本 真吉

## 明細書

## 1. 発明の名称

エリプソメータ及びその使用方法

## 2. 特許請求の範囲

1) 偏光ビームを試料面に照射する偏光照射アーム(14、18)と、

該試料面で反射された光を受光してその偏光状態を解析する偏光解析アーム(16、20)とを、測定点が一致するように2組配置したことを特徴とするエリプソメータ。

2) 前記2組の偏光照射アーム(14、18)の前記試料面に対する入射角を互いに異ならせ、

該2組の偏光照射アームから射出された偏光ビームを該試料面に照射して形成された両光スポットが一致し、かつ、前記2組の偏光解析アーム(16、20)による光強度の検出値が最大になるように、該試料(12)の位置を調整し、

該調整後に、両該偏光解析アームで受光した偏光の状態を解析することを特徴とする請求項1記載のエリプソメータの使用方法。

3) 前記2組の偏光照射アーム(14、18)から射出される偏光の波長を互いに異ならせ、

該2組の偏光照射アームから射出された偏光ビームを前記試料面に照射して形成された両光スポットが一致し、かつ、前記2組の偏光解析アーム(16、20)による光強度の検出値が最大になるように、該試料の位置を調整し、

該調整後に、両該偏光解析アームで受光した偏光の状態を解析することを特徴とする請求項1記載のエリプソメータの使用方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## 【産業上の利用分野】

本発明は、試料面に偏光を照射し、その反射光の偏光状態の変化を測定して、試料の表面に形成された膜の厚さや膜の屈折率、消衰係数などの光

光学定数を決定するエリブソメータ及びその使用方法に関する。

#### 【従来の技術】

エリブソメータには種々の構成のものがあり、その1つの概略構成を第2図に示す。

試料台10上に搭載された試料12の表面上の測定位置Pに対し、入射角及び反射角が等しく(φ)なる不図示の運動回転機構を備えた偏光照射アーム14及び偏光解析アーム16が配置されている。

この偏光照射アーム14は、光源141、コリメータ142、フィルタ143及び偏光子144を備えており、光源141から射出された光は、コリメータ142を通って平行化され、フィルタ143を通って単色光にされ、次に偏光子144を通って所望の直線偏光にされる。

一方、偏光解析アーム16は、1/4波長板161、検光子162、テレスコープ163及び光検出器164を備えており、測定位置Pで反射さ

料12の厚みが変わった場合や、試料12が平行平板でない場合には、試料台10に備えられた不図示の調整機構を用いて、偏光照射アーム14から射出された偏光ビームが試料12上の測定位置Pに入射し、かつ、その入射角φが設定値になるように、高精度で調整する必要がある。

また、1回の測定で得られる膜圧及び上記光学定数は、同期解となるので、これを一義的に決定するには、入射角又は波長を変えて2回測定する必要がある。

#### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記調整は3次元的な調整であって、3つの調整、例えば試料台10の上下方向(Z軸方向)の位置調整及びZ軸に直角な2つの軸の回りの角度調整の各々が、互いに干渉するので、各調整を繰り返し行う必要があり、また、測定点Pの所望の設定位置が不明確であるので、操作が煩雑であるとともに、測定誤差が生ずる。この問題は、試料台10としてゴニオステージを使用すれ

れ偏光状態が変化した光(一般には梢円偏光)を1/4波長板161を通して直線偏光にし、検光子162で消光する。すなわち、検光子162及びテレスコープ163を通って光検出器164で検出される光の強度が0になるように、検光子162を回転させる。

このときの偏光子144の透過軸方向と検光子162の透過軸方向とから、試料12上に形成された膜の厚み及び上記光学定数を同時に、高精度、高感度かつ非破壊、非接触で測定することができる。

他の種類のエリブソメータとしては、1/4波長板161を用いずに検光子162を回転させて梢円偏光の梢円形状を検出する構成のものがある。また、1/4波長板161を用いずに、この1/4波長板161の位置又は偏光子144の後段(試料12側)にPEM等の電気光学変調素子を配置して右円偏光及び左円偏光を周期的に生成する構成のものがある。

いずれの種類のエリブソメータについても、試

はある程度解決できるが、試料12の厚みが変わった場合には回転中心が試料12の表面上から外れるので、完全には解決することができない。

また、入射角を変えて2回測定する場合、試料12のセッティングが正確でないと、1回目の測定と2回目の測定とで測定位置Pがずれたり入射角が設定値からずれたりして、測定結果に誤差が生ずる。

さらに、1回目の測定と2回目の測定との間に時間的な隔たりがあるので、表面状態が経時的変化する試料12に対しては測定することができない。

本発明の目的は、このような問題点に鑑み、試料の位置決めを容易かつ正確に行うことができ、しかも、表面状態が経時的変化する試料に対しても測定可能なエリブソメータ及びその使用方法を提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

この目的を達成するために、本発明に係るエリ

ブソメータでは、偏光ビームを試料面に照射する偏光照射アームと、該試料面で反射された光を受光してその偏光状態を解析する偏光解析アームとを、測定点が一致するように2組配置している。

このエリブソメータの使用方法は、次の通りである。

2組の偏光照射アームの試料面に対する入射角を互いに異ならせ、又は、2組の偏光照射アームから射出される偏光の波長を互いに異ならせる。そして、2組の偏光照射アームから射出された偏光ビームを試料面に照射して形成された両光スポットが一致し、かつ、2組の偏光解析アームによる光強度の検出値が最大になるように、試料の位置を調整する。この調整後に、両偏光解析アームで受光した偏光の状態を解析する。

#### 【作用】

2組の偏光照射アームから射出された偏光ビームを試料面に照射して形成された両光スポットが一致し、かつ、2組の偏光解析アームによる光強度の検出値が最大になるように、試料の位置を調整する。

整すればよいので、容易かつ正確に調整を行うことができる。

また、試料に対する両偏光照射アームの入射角を互いに異ならせ、又は、両偏光照射アームから射出される光の波長を異ならせることにより、一回の測定で、試料の表面に形成された膜の厚み及び屈折率、消衰係数などの光学定数を一義的に決定することができる。

これにより、測定時間が短縮され、さらに、試料の表面に形成された膜が経時的変化する場合でも、前記測定が可能となる。

#### 【実施例】

以下、図面に基づいて本発明に係るエリブソメータ及びその使用方法の一実施例を説明する。

第1図はエリブソメータの概略構成を示す。

試料台10上に搭載された試料12上の測定位置Pに対し、第2図と同様に、入射角及び反射角が等しく(θ)なる不図示の運動回転機構を備えた偏光照射アーム14及び偏光解析アーム16が

配置されている。試料台10は、不図示の調整機構により、互いに直交するX軸及びY軸の各々の回りに回転可能となっており、かつ、X軸及びY軸に直交するZ軸方向へ平行移動可能となっている。偏光照射アーム14及び偏光解析アーム16の光軸は、Y-Z平面内に在る。

一方、入射角及び反射角が等しく(θ)なる不図示の運動回転機構を備えた、偏光照射アーム14及び偏光解析アーム16と同一構成の偏光照射アーム18及び偏光解析アーム20が、それらの光軸をX-Z平面内に存在させて配置されている。

図示の如く、X軸及びY軸に対応して、試料12の表面上に、互いに直交するU軸及びV軸を想定する。試料12が平行平板の場合には、U軸及びV軸はそれぞれX軸及びY軸と平行になる。

ここで、平行平板の試料12を、これと厚みが異なりかつ平行平板でなくテーパの付いた試料12と取り換えた場合には、試料12のZ方向位置、並びに、U軸及びV軸の回りの回転角を調整する必要がある。しかし、実際にはX軸及びY軸の回

りの回転角を調整しなければならない。例えばX軸の回りの回転角を調整すると、試料12のZ軸方向位置も変化し、再度Z軸方向位置を調整する必要がある。また、測定位置Pの正確なZ軸方向位置が不明確である。Y軸の回りの回転角調整についても上記同様である。したがって、従来では試料12の位置調整が容易でなく、操作が煩雑であり、かつ、調整誤差が生じた。

しかし、上記の如く構成されたエリブソメータを用いた場合、偏光照射アーム14及び18から射出された偏光ビームにより試料12上に形成される両光スポットの位置が一致するように、測定位置PのZ軸方向位置を調整し、偏光解析アーム16及び20で検出される光の強度が最大となるように、X軸及びY軸の回りを調整すればよいので、従来同様に繰り返し調整をしなければならないものの(この問題は、試料台10としてゴニオステージを使用すればある程度解決できるが、試料12の厚みが変わった場合には回転中心が試料12の表面上から外れるので、完全には解決する

ことができない。)、容易かつ正確に調整を行うことができる。このような試料12の位置決めにより、偏光照射アーム14と偏光解析アーム16とによる測定点と、偏光照射アーム18と偏光解析アーム20とによる測定点とが必ず一致する。

また、試料12に対する偏光照射アーム14及び18の入射角 $\phi$ 及び $\theta$ を互いに異ならせ、又は、偏光照射アーム14及び18から射出される光の波長を互いに異ならせることにより、一回の測定で、試料12の表面に形成された膜の厚み及び膜の屈折率、消衰係数などの光学定数を一義的に決定することができる。

これにより、測定時間が短縮され、さらに、試料12の表面に形成された膜が経時的変化する場合でも、前記測定が可能となる。

なお、本発明に係るエリプソメータの偏光照射アーム及び偏光解析アームの構成は、第2図に示すものに限定されず、各種構成のものが含まれることは勿論である。

## 【発明の効果】

以上説明した如く、本発明に係るエリプソメータ及びその使用方法では、2組の偏光照射アームから射出された偏光ビームを試料面に照射して形成された両光スポットが一致し、かつ、2組の偏光解析アームによる光強度の検出値が最大になるように、試料の位置を調整すればよいので、容易かつ正確に調整を行うことができるという優れた効果を奏する。

また、試料に対する両偏光照射アームの入射角を互いに異ならせ、又は、両偏光照射アームから射出される光の波長を異ならせることにより、一回の測定で、試料の表面に形成された膜の厚み及び屈折率、消衰係数などの光学定数を一義的に決定することができ、これにより、測定時間が短縮され、さらに、試料の表面に形成された膜が経時的変化する場合でも、前記測定が可能となるという優れた効果を奏する。

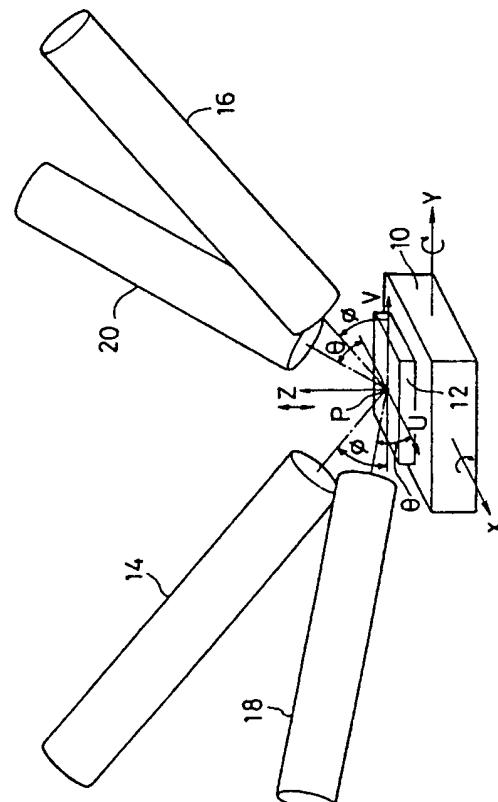
## 4. 図面の簡単な説明

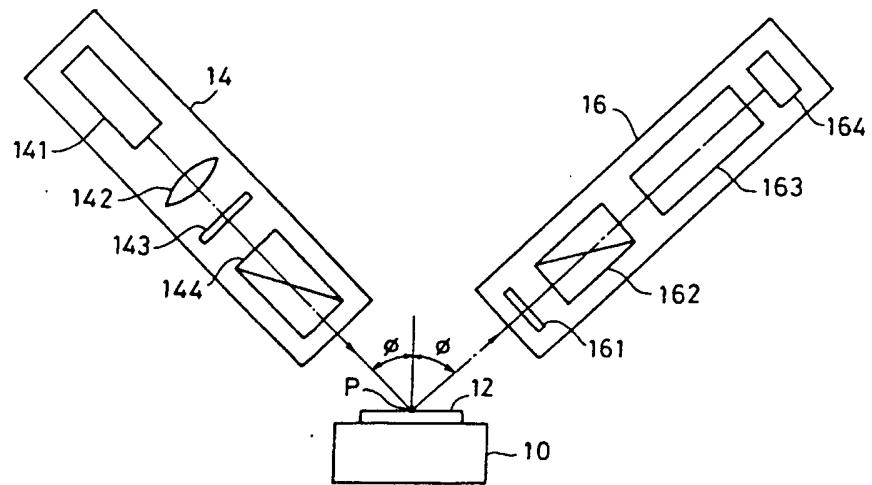
第1図は本発明に係るエリプソメータの概略構成を示す斜視図、

第2図は従来のエリプソメータの概略構成図である。

図中、

- 10は試料台
- 12は試料
- 14、18は偏光照射アーム
- 16、20は偏光解析アーム
- 141は光源
- 142はコリメータ
- 143はフィルタ
- 144は偏光子
- 161は1/4波長板
- 162は検光子
- 163はテレスコープ
- 164は光検出器

図  
一  
第



第 2 図

(19) Japan Patent Office (JP)

(12) Publication of Unexamined Patent Application (A)

(11) Japan Patent Application Public Disclosure No. 4-127004

(43) Disclosure Date: April 28, 1992

---

(51)

Int. Cl. <sup>5</sup>	ID Symbols	Intra-Agency File Nos.
G 01 B 11/06	G	7625-2F
G 01 M 11/00	T	7204-2G
G 01 N 21/21	Z	7529-2J

Request for examination: Not filed

No. of claims: 3 (Total no. of pages: 5)

---

(54) Title of the Invention: Ellipsometer and Its Usage Method

(21) Application no.: 2-249292

(22) Application date: September 18, 1990

(72) Inventor: Toshiyasu Tadokoro  
c/o JASCO Corporation  
2967-5, Ishikawa-cho, Hachioji City, Tokyo Prefecture

(71) Applicant: JASCO Corporation  
2967-5, Ishikawa-cho, Hachioji City, Tokyo Prefecture

(74) Agent: Masayoshi Matsumoto, Patent Attorney

## Specification

### 1. Title of the Invention

Ellipsometer and Its Usage Method

### 2. Claims

1) An ellipsometer characterized in that,

a pair of<sup>1</sup> polarizer arms (14, 18) that irradiate a sample surface with polarized beams and [a pair of] ellipsometric arms (16, 20) that receive the light reflected by the aforementioned sample surface and analyze its polarization state are disposed so that the measurement points coincide.

2) The usage method of the ellipsometer of Claim 1, characterized in that

the incidence angles, relative to the aforementioned sample surface, of the aforementioned pair of polarizer arms (14, 18) differ from each other,

the position of the aforementioned sample 12 is adjusted so that there is coincidence between both light spots formed by irradiating the aforementioned sample surface with the polarized beams projected from the aforementioned pair of polarizer arms, and [so that] the detected value of the optical intensity produced by the aforementioned pair of ellipsometric arms (16, 20) is maximized,

and, after the aforementioned adjustment, the states of the polarized light received by both of the aforementioned ellipsometric arms are analyzed.

3) The usage method of the ellipsometer of Claim 1, characterized in that

the wavelengths of the polarized light projected from the aforementioned pair of polarizer arms (14, 18) differ from each other,

---

<sup>1</sup> Translator's note: Here and subsequently, the Japanese patent reads "two sets of," but "a pair of...and a pair of" is evident from Figure 1.

the position of the aforementioned sample is adjusted so that there is coincidence between both light spots formed by irradiating the aforementioned sample surface with the polarized beams projected from the aforementioned pair of polarizer arms, and [so that] the detected value of the optical intensity produced by the aforementioned pair of ellipsometric arms (16, 20) is maximized, and, after the aforementioned adjustment, the states of the polarized light received by both of the aforementioned ellipsometric arms are analyzed.

### 3. Detailed Explanation of the Invention

#### [Industrial Field of Application]

The present invention relates to an ellipsometer that irradiates a sample surface with polarized light, measures the changes in the states of the polarized light reflected therefrom, and measures the thickness of the film formed on the sample surface and optical constants such as the index of refraction of the film, the extinction coefficient, etc.

#### [Prior Art]

The ellipsometer has various configurations, and one outline view thereof is shown in Figure 2.

Polarizer arm 14 and ellipsometric arm 16 are disposed such that [both] are equipped with an interlocked rotation mechanism (not shown) that equalizes the incidence angle and the reflection angle ( $\phi$ ), relative to the measurement position P on the surface of sample 12 mounted on stage 10.

This polarizer arm 14 is equipped with light source 141, collimator 142, filter 143, and polarizer 144. The light projected from light source 141 is parallelized via collimator 142, after which it is [filtered] to monochromatic light via filter 143. Next, it is [converted] to the desired linearly polarized light via polarizer 144.

On the other hand, ellipsometric arm 16 is equipped with quarter-wave plate 161, analyzer 162, telescope 163, and photodetector 164. The light that has its polarized state changed by [its] reflection at measurement position P (generally, elliptically polarized light) is converted to linearly polarized light via quarter-wave plate 161, after which it is quenched by analyzer 162. That is, the analyzer 162 is rotated so that the intensity of the light detected at photodetector 164, after passing through analyzer 162 and telescope 163, becomes 0.

It is possible to simultaneously measure, with high precision, high sensitivity, nondestructively, and without contact, the thickness of a film formed on sample 12 and the aforementioned optical constants, in the direction of the transmission axis of polarizer 144 and in the direction of the transmission axis of analyzer 162 in [this state].

In another ellipsometer configuration, the elliptical shape of elliptically polarized light is detected by rotating analyzer 162, without using quarter-wave plate 161. In [yet another] configuration, right circularly polarized light and left circularly polarized light are generated periodically by disposing an electro-optical modulation element (e.g., a PEM) [either] at the position of quarter-wave plate 161, without using quarter-wave plate 161, or downstream (i.e., on the sample 12 side) of polarizer 144.

For either type of ellipsometer, if the thickness of sample 12 changes or if sample 12 is not a parallel plate, the adjustment mechanism (not shown) provided in stage 10 must be used to adjust with high precision, so that the polarized beam projected from polarizer arm 14 is incident at measurement position P on sample 12 and incident angle  $\phi$  becomes the set value.

Also, the aforementioned optical constants and the film thickness<sup>2</sup> obtained in the one measurement have isotimic solutions,<sup>3</sup> so in order to determine these unambiguously, it is necessary to measure twice after varying the incident angle and the wavelength.

#### [Problems that the Invention Is to Solve]

However, the aforementioned adjustment is a three-dimensional adjustment. The three adjustments (for example, adjustment of the position of stage 10 in the up and down directions (i.e., in the z-axis direction), and adjustments of the angle around the two axes perpendicular to the z-axis) interfere with each other, so each adjustment must be repeated. Also, because the desired setting position of measurement point P is indefinite,

---

<sup>2</sup> Translator's note: In the Japanese patent, the wrong Japanese character is used for "thickness."

<sup>3</sup> Translator's note: This term is not in the standard references. Literally, it means "equivalent; synchronous; corresponding" + "solution(s)."

the operation is complex and measurement errors occur. This problem can be solved to some extent by using a goniostage as stage 10. However, if the thickness of sample 12 changes, the rotational center will deviate from the surface of sample 12, so [the problem] cannot be solved completely.

Also, when two measurements are performed by varying the incident angle, if the setting of sample 12 is imprecise, the measurement position P deviates between the first measurement and the second measurement, so the incident angle deviates from the set value, leading to erroneous measurement results.

Furthermore, there is a time interval between the first measurement and the second measurement, so it is impossible to perform measurements for sample 12, whose surface state varies over time.

The purpose of the present invention is to supply [1] an ellipsometer that takes into consideration such problems, that is capable of easily and accurately positioning the sample, and that is capable of performing measurements even for samples whose surface state varies over time, as well as [2] its usage method.

#### [Means of Solving the Problems]

To achieve this purpose, in the ellipsometer of the present invention are disposed, so that their measurement points coincide, two sets of arms: polarizer arms that irradiate the sample surface with polarized beams and ellipsometric arms that receive the light reflected by the aforementioned sample surface and analyze its polarization state.

This ellipsometer's usage method is as follows.

The incident angles, relative to the sample surface, of the pair of polarizer arms are made to differ, or the wavelengths of the polarized light projected from the pair of polarizer arms are made to differ. The position of the sample is adjusted so that there is coincidence between both light spots formed by irradiating the sample surface with the polarized beams projected from the pair of polarizer arms, and [so that] the detected

value of the optical intensity produced by the pair of ellipsometric arms is maximized. After this adjustment, the states of the light received by both ellipsometric arms are analyzed.

#### [Function of the Invention]

If the position of the sample is adjusted so that there is coincidence between both light spots formed by irradiating the sample surface with the polarized beams projected from the pair of polarizer arms, and [so that] the detected value of the optical intensity produced by the pair of ellipsometric arms is maximized, adjustments can be made easily and accurately.

Also, by providing different incidence angles for both polarizer arms, relative to the sample surface, or by providing different wavelengths of light projected from both polarizer arms, it is possible to determine unambiguously and with one measurement the thickness of the film formed on the sample surface and optical constants such as the index of refraction, the extinction coefficient, etc.

As a result, the measurement time is reduced. Furthermore, the aforementioned measurements become possible, even when the film formed on the sample surface varies over time.

#### [Embodiments]

Next, an embodiment of the ellipsometer of the present invention and its usage method will be explained with reference to the figures.

The overall configuration of the ellipsometer is shown in Figure 1.

As shown in Figure 2, polarizer arm 14 and ellipsometric arm 16 are disposed such that [both] are equipped with an interlocked rotation mechanism (not shown) that equalizes the incidence angle and the reflection angle ( $\phi$ ), relative to the measurement

position P on sample 12 mounted on stage 10. Stage 10 is rotatable around the mutually orthogonal x-axis and the y-axis by means of an adjustment mechanism (not shown), and it allows movement parallel to the z-axis direction, which is orthogonal to the x-axis and the y-axis. The optical axes of polarizer arm 14 and ellipsometric arm 16 are in the y-z plane.

On the other hand, polarizer arm 14 and ellipsometric arm 16, which are equipped with an interlocked rotation mechanism (not shown) that equalizes the incidence angle and the reflection angle ( $\theta$ )<sup>4</sup> as well as identically configured polarizer arm 18 and ellipsometric arm 20 are disposed with their optical axes within the x-z plane.

As shown in the figure, it is assumed that the mutually orthogonal u-axis and v-axis [exist] on the surface of sample 12, corresponding to the x-axis and the y-axis. When sample 12 is a parallel plate, the u-axis and the y-axis are parallel to the x-axis and the y-axis, respectively.

Here, when parallel plate sample 12 is replaced with tapered sample 12 that has a different thickness and is not a parallel plate, it is necessary to adjust the z-direction position of sample 12 and adjust the angles of rotation around the u-axis and the v-axis. However, the angles of rotation around the x-axis and the y-axis actually must be adjusted, so if the angle of rotation around the x-axis is adjusted, for example, the z-axis-direction position of sample 12 also changes, so it is necessary to readjust the z-axis-direction position. Also, the precise z-axis-direction position of measurement position P is indefinite. The same applies to the adjustment of the angle of rotation around the y-axis. Conventionally, therefore, the adjustment of the position of sample 12 has not been easy, operation has been complex, and adjustment errors have occurred.

However, when an ellipsometer configured as aforementioned is used, it is possible to adjust easily and accurately, even though repeated adjustments are required as conventionally, because it only is necessary to adjust the z-axis-direction position of measurement location P so that there is coincidence between the positions of both light

spots formed on sample 12 by the polarized beams projected from polarizer arms 14 and 18 and to adjust around the a-axis and the y-axis to maximize the intensities of the light detected by ellipsometric arms 16 and 20. (This problem cannot be solved completely because, although [this problem] can be solved to some extent by using a gonio-stage as sample stage 10, the rotational center deviates from the surface of sample 12 when the thickness of sample 12 varies.) Such positioning of sample 12 [ensures] correspondence between the measurement point resulting from polarizer arm 14 and ellipsometric arm 16 and the measurement point resulting from polarizer arm 18 and ellipsometric arm 20.

Also, by providing different incidence angles  $\phi$  and  $\theta$  for both polarizer arms 14 and 18, relative to sample 12, or by providing different wavelengths of light projected from both polarizer arms 14 and 18, it is possible to determine unambiguously and with one measurement the thickness of the film formed on the sample 12 surface and optical constants such as the index of refraction, the extinction coefficient, etc.

As a result, the measurement time is reduced. Furthermore, the aforementioned measurements become possible, even when the film formed on the surface of sample 12 varies over time.

Furthermore, the configurations of the polarizer arm and the ellipsometer arm of the ellipsometer of the present invention are not limited to those shown in Figure 2. It goes without saying that various configurations are included.

#### [Effects of the Invention]

As explained above, the ellipsometer of the present invention and its usage method have the following superior effects: Measurements can be performed easily and accurately because it only is necessary to adjust the sample position so that there is coincidence between both light spots formed by irradiating the sample surface with the polarized beams projected from the pair of polarizer arms, and [so that] the detected

---

<sup>4</sup> Translator's note: The Japanese patent reads "phi," but it should be "theta."

value of the optical intensity produced by the aforementioned pair of ellipsometric arms is maximized.

[The present invention] also has the following superior effects: By providing different incidence angles for both polarizer arms, relative to the sample, or by providing different wavelengths of light projected from both polarizer arms, it is possible to determine unambiguously and with one measurement the thickness of the film formed on the sample surface and optical constants such as the index of refraction, the extinction coefficient, etc. As a result, the measurement time is reduced. Furthermore, the aforementioned measurements become possible, even when the film formed on the sample surface varies over time.

#### 4. Brief Explanation of the Drawings

Figure 1 is an oblique view showing the overall configuration of the ellipsometer of the present invention.

Figure 2 is the outline view of a conventional ellipsometer.

[Symbols] in the figures:

- 10 Stage
- 12 Sample
- 14, 18 Polarizer arm
- 16, 20 Ellipsometric arm
- 141 Light source
- 142 Collimator
- 143 Filter
- 144 Polarizer
- 161 Quarter-wave plate
- 162 Analyzer
- 163 Telescope
- 164 Photodetector

Agent: Masayoshi Matsumoto, Patent Attorney